

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-186515
(43)Date of publication of application : 14.07.1998

(51)Int.Cl. G03B 21/14
G02B 27/00
H04N 5/74

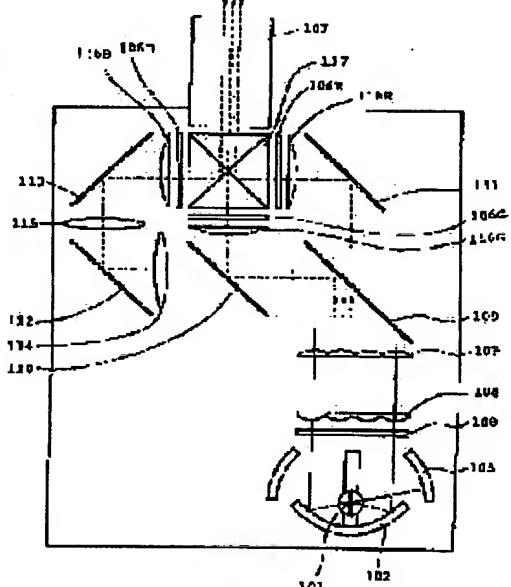
(21)Application number : 08-344049 (71)Applicant : MINOLTA CO LTD
(22)Date of filing : 24.12.1996 (72)Inventor : SAWAI YASUMASA

(54) ILLUMINATOR AND PROJECTION OPTICAL DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently use a luminous flux radiated from a light emitting part by arranging a first reflector having a quadric surface shape and a second reflector having a spherical shape which are easily worked in the periphery of the light emitting part.

SOLUTION: The second reflector 103 possesses a spherical reflection surface centering the light emitting part 101, and a reflection surface is arranged at a position where it is not spatially laid over the reflection surface of the first reflector 102. The luminous flux directly reaching the second reflector 3 out of luminous fluxes radiated from the light emitting part 101 is reflected by the reflection surface of the second reflector 103 having the spherical shape and is turned back in the direction of the light emitting part 101 again, and then reaches the reflection surface of the first reflector 102, and is reflected by the reflection surface having the shape of a paraboloid similar to the luminous flux directly reaching the first reflector 102, and reaches an IR-UV cut filter 108. Thus, the luminous flux reflected by the second reflector 103 is also emitted as the luminous flux nearly in parallel with the luminous flux directly reaching the first reflector 102.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-186515

(43) 公開日 平成10年(1998)7月14日

(51) Int.Cl.⁶
G 0 3 B 21/14
G 0 2 B 27/00
H 0 4 N 5/74

識別記号

F I
G 0 3 B 21/14
H 0 4 N 5/74
G 0 2 B 27/00

A
A
V

審査請求 未請求 請求項の数 8 O.L. (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平8-344049

(22) 出願日 平成8年(1996)12月24日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目 3番13号
大阪国際ビル
澤井 靖昌
大阪市中央区安土町二丁目 3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 澤井 靖昌

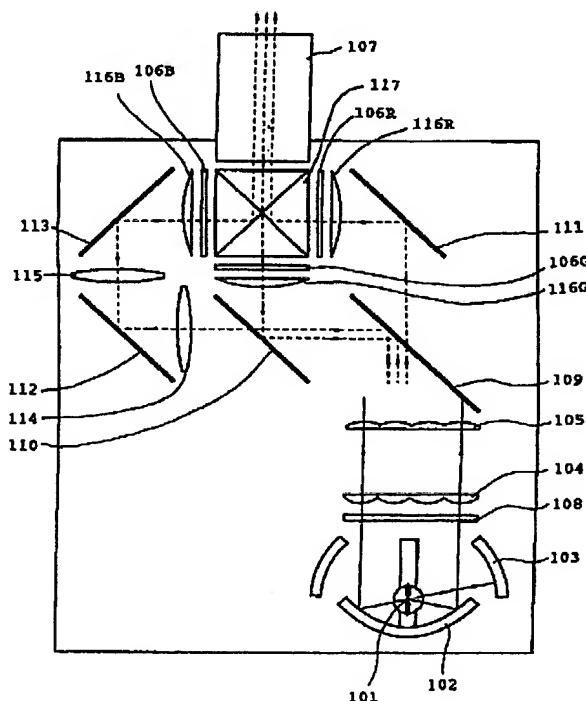
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(54) 【発明の名称】 照明装置及び投影光学装置

(57) 【要約】

【課題】 設計と製造が困難で高価な非球面レンズを使用することなく、発光部から放射される光束を効率よく利用することができ、かつ照明装置の後に使用される投影レンズの開放Fナンバーが大きく低成本である照明装置及び投影光学装置を提供する。

【解決手段】光束を放射する発光部と、前記発光部を焦点位置とした回転2次曲面形状の第1リフレクタと、前記発光部を中心とした球面形状の第2リフレクタと、複数のレンズを2次元的に配置した第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるオプティカルインテグレータと、ライトバルブと、投影レンズと、を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光束を放射する発光部と、前記発光部を焦点位置とした回転2次曲面形状の第1リフレクタと、

前記発光部を中心とした球面形状の第2リフレクタと、複数のレンズを2次元的に配置した第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるオプティカルインテグレータと、を備えたことを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記第1リフレクタは、焦点を中心として光軸上の頂点からその開放端へ至る光束の取り込み角の半値が約90°であることを特徴とする請求項1記載の照明装置。

【請求項3】 前記第1レンズアレイと第2レンズアレイとの間に、偏光分離面と全反射面とを有する偏光分離光学系を備えたことを特徴とする請求項1記載の照明装置。

【請求項4】 光束を放射する発光部と、前記発光部を焦点位置とした回転2次曲面形状の第1リフレクタと、前記発光部を中心とした球面形状の第2リフレクタと、複数のレンズを2次元的に配置した第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるオプティカルインテグレータと、ライトバルブと、投影レンズと、を備えたことを特徴とする投影光学装置。

【請求項5】 前記第1リフレクタは、焦点を中心として光軸上の頂点からその開放端へ至る光束の取り込み角の半値が約90°であることを特徴とする請求項4記載の投影光学装置。

【請求項6】 以下の条件式範囲を満足することを特徴とする請求項4記載の投影光学装置；

【数1】

$$\frac{1.8}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{p}{d} \leq Fp \leq \frac{2.2}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{p}{d}$$

ただし、

Fp：前記投影レンズの開放Fナンバー、

P：前記ライトバルブの短辺方向の長さ、

d：発光部の光軸方向の長さ、

である。

【請求項7】 前記第1レンズアレイと第2レンズアレイとの間に、偏光分離面と全反射面とを有する偏光分離光学系を備えたことを特徴とする請求項4記載の投影光学装置。

【請求項8】 以下の条件式範囲を満足することを特徴とする請求項7記載の投影光学装置；

【数2】

$$\frac{0.9}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{p}{d} \leq Fp \leq \frac{1.1}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{p}{d}$$

ただし、

Fp：前記投影レンズの開放Fナンバー、

P：前記ライトバルブの長辺方向の長さ、

d：発光部の光軸方向の長さ、

である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面を均一に照明するために使用される照明装置、及び当該照明装置を用いた投影光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、透過型の液晶パネル等のライトバルブ上に形成された画像を背面側から照明し、画像を投影レンズによって投影する投影光学装置が知られている。このような投影光学装置に使用される照明装置の光学系に対しては、画像を形成する被照明面上を均一に照明することが求められており、種々の照明装置が提案されている。

【0003】平面を均一に照明するために好適な照明装置としては、発光部と被照明面との間に、レンズを2次元的に配置したレンズアレイを発光部側から順に第1レンズアレイと第2レンズアレイとして2枚設け、発光部と第2レンズアレイ、第1レンズアレイと被照明面とを光学的にそれぞれ略共役関係となるように配置した、オプティカルインテグレータを用いた照明装置がある。

【0004】オプティカルインテグレータでは、発光部から放射された光束が第1レンズアレイの働きによって、複数の光束に分割され第2レンズアレイ近傍で結像されるため、第2レンズアレイに対する複数の2次光源として機能する。このため、第1レンズアレイからみれば、光束は被照明面上に重畳されることになり、被照明面を均一に照明することが可能となる。

【0005】オプティカルインテグレータを用いた照明装置としては、特開平7-174974号公報に、発光部、該発光部を囲むように形成された非球面形状のリフレクタ、非球面レンズ、オプティカルインテグレータを構成する2枚のレンズアレイ、等から構成される照明装置が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のような投影光学装置において使用される投影レンズは、発光部から放射された光束を効率よく利用するために、液晶パネル等の被照明面側(物体側)の開放Fナンバー(以下、単に投影レンズの開放Fナンバーという)が小さく、明るいレンズである方が好ましい。しかしながら、開放Fナンバーの小さい明るい投影レンズは、設計が困難であり設計できたらしも高価なものとなってしまうという問題があった。

【0007】このような、問題に対して、上記公報記載の照明装置では、リフレクタとオプティカルインテグレータの間に非球面レンズを設けることで対処している。

50 この照明装置では、前述の非球面レンズの働きにより、

発光部の見かけ上の大きさを小さくすることができるため、光束の利用効率を低下させることなく投影レンズの開放Fナンバーが大きくできるとしている。

【0008】しかしながら、上記公報に記載された照明装置に使用されている非球面リフレクタと非球面レンズは、非常に複雑な形状をしており、設計と製造が容易ではなく、高価であるという問題を有していた。

【0009】本発明は、設計と製造が困難で高価な非球面レンズを使用することなく、発光部から放射される光束を効率よく利用することができ、かつ照明装置の後に使用される投影レンズの開放Fナンバーが大きく低コストである照明装置及び投影光学装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の照明装置は、光束を放射する発光部と、前記発光部を焦点位置とした回転2次曲面形状の第1リフレクタと、前記発光部を中心とした球面形状の第2リフレクタと、複数のレンズを2次元的に配置した第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるオプティカルインテグレータと、を備えたことを特徴とする。

【0011】また、請求項4記載の投影光学装置は、光束を放射する発光部と、前記発光部を焦点位置とした回転2次曲面形状の第1リフレクタと、前記発光部を中心とした球面形状の第2リフレクタと、複数のレンズを2次元的に配置した第1レンズアレイ及び第2レンズアレイからなるオプティカルインテグレータと、ライトバルブと、投影レンズと、を備えたことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施した実施形態の液晶プロジェクタ装置について、図面を参照して説明する。

【第1実施形態】図1は、本発明にかかる第1実施形態の液晶プロジェクタ装置の光学要素の配置を示す構成図である。

【0013】図1において、第1実施形態の液晶プロジェクタ装置は、概略、発光部101、第1リフレクタ102、第2リフレクタ103、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ104及び第2レンズアレイ105、液晶パネル106R、106G、106B、投影レンズ107、IR-UVカットフィルタ108、ダイクロイックミラー109及び110、反射ミラー111～113、リレーレンズ114及び115、フィールドレンズ116R、116G、116B、ダイクロイックプリズム117等から構成されている。

【0014】発光部101は白色光を放射するメタルハライドランプである。発光部101を覆うように配置された第1リフレクタ102は、発光部101を略焦点位置とする放物面形状の反射面を有する。

【0015】第1リフレクタ102は、焦点位置と放物面の頂点とを結ぶ線(以下、光軸という)に対して対称な形

状であるから、発光部101から放射された光束の取り込み角については、この焦点位置と放物面の頂点を通る面で切断したときの反射面の断面が焦点に対してはる角の半値で定義すればよい。本明細書においては、前述の光軸を 0° とし、光軸に対してなす角を θ (ただし、 $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$)として表している。

【0016】第1リフレクタ102の発光部101から放射された光束の取り込み角の半値 θ は 90° で、 90° の位置で開放端となっている。第2リフレクタ103は、発光部101を中心とする球面形状の反射面を有し、反射面が前述の第1リフレクタ102の反射面と空間上、重複しない位置に配置されている。この第2リフレクタ103の発光部101からの光束の取り込み角は、第1リフレクタ102の取り込み角 θ に換算して $90^\circ \sim 135^\circ$ に相当する。

【0017】IR-UVカットフィルタ108は、前述の第2リフレクタ103が形成する開口部に配置されており、カラー画像を形成するレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3原色の光に対して不要となる波長域の光を除去するためのフィルターである。

【0018】オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ104、第2レンズアレイ105は、共に2次元状に配列された複数の矩形形状の正レンズから構成されている。これらの正レンズは開口形状が全て等しく、第1レンズアレイ104及び第2レンズアレイ105で同数の正レンズが形成されている。また、発光部101と第2レンズアレイ105とは、第1レンズアレイ104に関して光学的に共役関係に、第1レンズアレイ104と後述する液晶パネル106R、106G、106Bとは、第2レンズアレイ105に関して光学的に共役関係に、なるようにそれぞれ配置されている。

【0019】ダイクロイックミラー109及び110は、前述のIR-UVカットフィルタ108により不要な波長域をカットされた光束を、さらにレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3つの波長帯に分割するための干渉膜を形成しており、所定のカットオフ値を有し、このカットオフ値に応じて所定の波長の光束を透過/反射させる。

【0020】フィールドレンズ116R、116G、116Bは、正の屈折力を有し、それぞれ対応する液晶パネル106R、106G、106B近傍に配置されている。フィールドレンズ116R、116G、116Bは、入射した光束を概略平行にして射出する働きを有しており、液晶パネル106R、106G、106Bに入射する光束の入射角を一定にするテレセントリック照明を行っている。

【0021】液晶パネル106R、106G、106Bは透過型液晶パネルで、図示しないコントローラからの画像信号に応じて、カラー画像のうち、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)成分に対応する画像をそれぞれ形成可能である。

【0022】ダイクロイックプリズム117は、RGBの画像信号を合成するために、4つの直角プリズムの2面に所

定の干渉膜を設けて、それぞれを接合して形成されている。

【0023】投影レンズ107は、ダイクロイックプリズム117により合成されたカラー画像を図示しないスクリーンに拡大投射させるための光学系であり、複数のレンズから構成されている。

【0024】次に、以上の構成を有する液晶プロジェクタ装置の作用について説明する。発光部101より放射された光束のうち、第1リフレクタ102側に放射された光束は、第1リフレクタ102の放物面形状を有する反射面に直接到達し、反射されてIR-UVカットフィルタ108に到達する。このとき、発光部101が、第1リフレクタ102の放物面の焦点位置に配置されているため、発光部101から直接第1リフレクタ102に到達した光束は、略平行光束となって第1リフレクタ102から射出される。

【0025】一方、発光部101より放射された光束のうち、第2リフレクタ103に直接到達した光束は、第2リフレクタ103の球面形状を有する反射面で反射され再び発光部101方向へ折り返された後、第1リフレクタ102の反射面に到達し、前述の第1リフレクタ102に直接到達した光束と同様に、放物面形状を有する反射面で反射されて、IR-UVカットフィルタ108に到達する。このとき、発光部101が第2リフレクタ103の球面の中心位置に形成されているため、第2リフレクタ103の反射面で反射された光束は、再び発光部101に戻ることになる。従って、第2リフレクタ103で反射された光束も、第1リフレクタ102の放物面形状を有する反射面で反射されて、略平行光束となって第1リフレクタ102から射出される。

【0026】IR-UVカットフィルタ108に到達した光束は、このフィルタでレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3原色の光に対して不要となる波長域をカットされ、第1レンズアレイ104に入射する。第1レンズアレイ104は、入射した光束をレンズアレイを構成する正レンズの数だけ分割し、正レンズの屈折力によって第2レンズアレイ105近傍で結像させ、光束を分割した数と同じ個数の2次光源を形成する。このとき、前述のように第1レンズアレイ104と液晶パネル106R、106G、106Bとは、光学的に共役関係に配置されているので、第2レンズアレイ104近傍に形成された2次光源から射出された光束は、液晶パネル106R、106G、106B上に重畠されることになる。このため、均一な光量分布で液晶パネル106R、106G、106Bの面を照明することが可能となる。

【0027】また、第2レンズアレイ105から射出された光束は、ダイクロイックミラー109に入射する。ダイクロイックミラー109は、レッド(R)の波長帯に対応する波長域の光束のみ透過し、それ以外の波長域の光束については反射させるカットオフ波長を有しており、オプティカルインテグレータを構成する第2レンズアレイ105から射出された光束のうちから、レッド(R)の波長帯に

ある成分のみを分離する。レッド(R)成分は、反射ミラー111で反射されて、フィールドレンズ116Rに入射し、液晶パネル106R上を均一に同じ方向から照明する。

【0028】一方、ダイクロイックミラー109で反射された成分は、ダイクロイックミラー110に入射する。ダイクロイックミラー110は、グリーン(G)の波長帯に対応する波長域の光束のみ反射し、それ以外の波長域の光束については透過させるカットオフ波長を有しており、ダイクロイックミラー109で反射された光束のうちから、グリーン(G)の波長帯にある成分のみを分離する。グリーン(G)成分は、フィールドレンズ116Gに入射し、液晶パネル106G上を均一に同じ方向から照明する。

【0029】また、ダイクロイックミラー110を透過した成分は、実質的にブルー(B)成分となっており、光路長を等しくするために配置されているリレーレンズ114と115、及び反射ミラー112と113を介してフィールドレンズ116Bに入射し、液晶パネル106B上を均一に同じ方向から照明する。

【0030】それぞれ均一な光量分布でテレセントリック照明された、液晶パネル106R、106G、106Bを透過した光束は、それぞれ、ダイクロイックプリズム117に入射する。ダイクロイックプリズム117は、内部にレッド(R)の波長帯の光束のみを反射する干渉膜117aと、ブルー(B)の波長帯のみを反射する干渉膜117bを有しており、各液晶パネル106R、106G、106Bを透過した光束を、同一方向に合成して射出する。このようにして合成されたカラー画像は、投影レンズ107によって図示しないスクリーンに投影される。

【0031】次に、図2を用いて第1実施形態の液晶プロジェクタ装置の投影レンズの最適な開放Fナンバーについて、さらに詳細に説明する。図2は、前述の図1の液晶プロジェクタ装置において、照明光学系の配置を模式的に図示した構成図である。説明の都合上、照明光学系の作用とは直接関係のない、ダイクロイックミラーやダイクロイックプリズム、反射ミラーは省略している。また、説明を簡略化するため、フィールドレンズについても図示を省略している。図2において、同一の構成要素には、図1と同一の符号を付しており、発光部101、第1リフレクタ102、第2リフレクタ103、第1レンズアレイ104、第2レンズアレイ105、液晶パネル106等の構成は、図1で説明した通りである。

【0032】図2において、液晶パネル106上で、照明光束の有する開放FナンバーをFsとすると、開放FナンバーFsは以下の式(1)で表される。

【0033】

【数3】

$$Fs = \frac{1}{2 \sin \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{R2}{L} \right) \right\}} = \frac{L}{2 \cdot R2} \quad \dots \dots (1)$$

【0034】ただし、

R2: 第2レンズアレイ105の有効半径、
L: 第2レンズアレイ105と液晶パネル106との間隔、
である。

【0035】ところで、第1レンズアレイ104と液晶パネル106とが光学的に共役関係にある場合、効率よく液晶パネル106面を照明するためには、第1レンズアレイ104の個々のレンズの開口の大きさを、液晶パネル106の大きさPと一致させることが望ましい。なぜなら、液晶パネル106上に投影される第1レンズアレイ104の開口が液晶パネル106と比較して小さいと、液晶パネル106上に照明されない領域ができる不都合となるからである。逆に、液晶パネル106上に投影される第1レンズアレイ104の開口が液晶パネル106と比較してあまりにも大きいと、液晶パネル106よりはるかに大きい領域を照明することになり、照明光が無駄になってしまう。また、第1レンズアレイ104の個々のレンズの開口の形状が、液晶パネル106の形状とあまりにも異なっていると、やはり照明光の無駄が大きくなる。

【0036】以上より、第1レンズアレイ104の個々のレンズと液晶パネル106、ほぼ相似形であり、以下の条件を満足すること望ましい。

W1: P=m:L…(2)

ただし、

W1: 第1レンズアレイ104に含まれる個々のレンズの有効径、

P: 液晶パネル106の大きさ、

m: 第1レンズアレイ104と第2レンズアレイ105との間の間隔、

L: 第2レンズアレイ105と液晶パネル106との間隔、
である。なお、第1実施形態の場合、第2レンズアレイ105上に形成され発光部101の像の大きさd'を規制するのは、液晶パネル106のいずれか短辺方向の長さであるから、液晶パネル106の大きさPを短辺方向の長さと考える。上記(2)式を、(1)式に代入すると以下の式(3)が得られる。

【0037】

【数4】

$$Fs = \frac{P}{2 \cdot R2} \cdot \frac{m}{W1} \cdots (3)$$

【0038】一方、前述のように発光部101と第2レンズアレイ105は光学的に共役関係にあり、効率よく照明を行うためには、第2レンズアレイ105上に投影された発光部101の像の大きさが、第2レンズアレイ105の個々レンズの大きさより小さいことが望ましい。なぜならば、発光部101の像の大きさが第2レンズアレイ105の個々のレンズより大きいと、第2レンズアレイ105の個々のレンズよりはみ出た発光部101の像は、液晶パネル106上に導かれないことになり、照明光とならないからである。

【0039】以上より、発光部101と第2レンズアレイ1

05は、以下の条件を満足することが望ましい。

W2≥d'…(4)

ただし、

W2: 第2レンズアレイ105に含まれる個々のレンズの有効径、

d': 発光部101の大きさ、
である。

【0040】ところで一般に、発光部として使用されるメタルハライドランプやキセノンランプの発光部は、点

光源ではなく所定の長さを有しているため、通常これらのランプは、発光部が長さを有する方向を光軸方向に一致させて使用される。従って、第2レンズアレイ105に投影される発光部101の像の大きさを考慮する場合は、この発光部101の光軸方向の長さを考える必要がある。

【0041】第2レンズアレイ105に投影される発光部101の像の大きさは、幾何学的な関係から、以下の式(5)で表される。

【0042】

【数5】

$$d' = d \cdot m \cdot \sin \alpha \cdot (1 + \cos \alpha) \cdot \frac{\sin \theta}{R1 \cdot (\cos \theta + 1)} \cdots (5)$$

【0043】ただし、

d': 第2レンズアレイ105上に投影される発光部101の像の大きさ、

d: 発光部101の光軸方向の長さ、

α: 発光部101から放射された主光線が光軸となす角、

R1: 第1レンズアレイ104の有効半径、

θ: 発光部101から第1リフレクタ102の光束の取り込み角の半値、

である。

【0044】上記式(5)は、αが60°のとき最大となり、以下の式(6)となる。

【0045】

【数6】

$$d' = d \cdot m \cdot \frac{3\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{\sin \theta}{R1 \cdot (\cos \theta + 1)} \cdots (6)$$

【0046】また、第1実施形態の場合、第1レンズアレイ104と第2レンズアレイ105の個々のレンズの大きさは等しく、W1=W2、R1=R2である。これらの条件と、式(2)から、液晶パネル106上で照明光の有するFナンバーFsは、以下の式(7)で表される。

【0047】

【数7】

$$Fs = \frac{P}{2 \cdot R2} \cdot \frac{m}{W1} = \frac{P}{2 \cdot R2} \cdot \frac{m}{W2}$$

$$= \frac{P}{2 \cdot R1} \cdot \frac{m}{d'} = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \cdot \frac{\cos \theta + 1}{\sin \theta} \cdots (7)$$

【0048】式(7)は、液晶パネル106の大きさPと、第1リフレクタ102の光束の取り込み角の半値θが決定すれば、効率よく液晶パネル106を照明するための照明光

のFナンバーFsの最大値が決定することを表している。
【0049】一方、液晶パネル106上の照明光を効率よくスクリーンに投影するための投影レンズ107の開放FナンバーFpはFs≥Fpの関係を満足すればよく、上記式(7)によって、投影レンズ107の開放FナンバーFpについて条件が課される。

【0050】一般に、投影レンズ107は、開放FナンバーFpの値が大きいほど設計が容易であり、コンパクトで低コストな投影レンズを得ることができる。従って、投影レンズ107の開放FナンバーFpは、以下の条件を満足する10ことが望ましい。

【0051】

【数8】

$$Fp = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \cdot \frac{\cos \theta + 1}{\sin \theta} \quad \dots \dots (8)$$

【0052】上記式(8)からも分かるように、発光部101からの第1リフレクタ102の光束の取り込み角の半値θが小さいほどFpを大きくすることができるが、実際には発光部101からは、第1リフレクタ102に対する光束の取り込み角の半値θに換算して135°以上となる領域まで、光束が放射されており、より多くの光束を照明光として利用するためには、逆にθが大きい方が望ましい。

【0053】そこで、第1実施形態の投影装置においては、第1リフレクタ102を用いて発光部101からの光束の取り込み角の半値θが90°以下の領域で光束を取り込み、投影レンズ107の開放FナンバーFpを十分大きくしつつ、より多くの光束を照明光として取り込むため、第2リフレクタ103を設け、実質的に光束を第1リフレクタ102の取り込み角に換算して、90°～135°の範囲から取り込んでいる。

【0054】以上のような構成を採用することにより、投影レンズ107の開放FナンバーFpを小さくすることなく、照明光の利用効率を大幅に向上させることができるとなる。すなわち、第1リフレクタ102による光束の取り込み角の半値θは90°であるため、投影レンズ107の開放Fナンバーは、θが90°に対応する値でよく、投影レンズ107の開放Fナンバーを必要以上に小さくする必要がない。一方、第2リフレクタ103による光束の取り込みのため、実質的には0°～135°の光源からの光束を照明光として利用することになり、広い範囲の照明光を利用可能であるからである。

【0055】この場合の投影レンズ107の開放FナンバーFpは、上記式(8)において、θ=90°とすることにより以下のように表される。

【0056】

【数9】

$$Fp = \frac{2}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \quad \dots \dots (9)$$

【0057】これに対して、第1実施形態のように第2リフレクタ103を用いずに、第1リフレクタ102のみで、

発光部から射出される0°～135°の光束を利用しようとすると、投影レンズ107の開放FナンバーFpは、以下の式のように小さくなり、投影レンズ107の設計が困難になつてしまふ。

【0058】

【数10】

$$Fp = \frac{2(\sqrt{2}-1)}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \quad \dots \dots (10)$$

【0059】以上、第1実施形態を例にして、第1リフレクタ102の形状が放物面である場合について議論したが、上記投影レンズ107の開放FナンバーFpの最適値はさらに一般に回転対称2次曲面形状の反射面に対しても有効となる。以下、簡単にこの点について説明する。一般に、設計及び製造が容易で、低コストで製造できる球面、回転楕円面、放物面、双曲面等の回転対称2次曲面形状を有するリフレクタの反射面は、以下の式(11)で表すことができる。

【0060】

【数11】

$$x = \frac{c \cdot y^2}{1 + \sqrt{1 - \varepsilon \cdot c^2 \cdot y^2}} \quad \dots \dots (11)$$

【0061】ただし、

c: リフレクタの面頂における曲率、

x: 光軸、

y: リフレクタの面頂を通り光軸に垂直な方向の座標軸、

ε: 係数、

である。

【0062】なお、εは2次曲面パラメータとも呼ばれ、以下のように値により面形状を規定している。

(a) ε>0のとき、回転楕円面であって、特にε=1のとき、球面、

(b) ε=0のとき、放物面、

(c) ε<0のとき、双曲面、

リフレクタが上記式(11)で表される形状であり、簡単のため第1レンズアレイ104を構成する個々のレンズ以外のパワーがない場合(すなわち、レンズアレイ自身がベース曲率を有していない場合)を考えると、投影レンズ107の最適な開放FナンバーFpは、以下の式(12)で表すことができる。

【0063】

【数12】

$$Fp = \frac{P}{d} \cdot \frac{(2-\varepsilon) \cdot \cos \theta + 2\sqrt{1-\varepsilon}}{\sin \theta \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 3\varepsilon^2}} \quad \dots \dots (12)$$

【0064】ただし、各パラメータは式(8)と同様である。

【0065】上記式(12)においても、第1リフレクタ102の光束の取り込み角の半値θを90°とすると、投影レンズFpの最適値は以下の式(13)の通りとなる。

【0066】

【数13】

$$F_p = \frac{P}{d} \cdot \frac{2\sqrt{1-\varepsilon}}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 3\varepsilon^2}} \cdots \cdots (13)$$

【0067】ただし、Pは液晶パネルの長さのうち、短辺で考える。

【0068】上記式(13)において、 $\varepsilon = 0$ とすると、当然、式(9)と一致する。ここで、上記式(13)を ε の関数と考えて、この増減を調べると、放物面形状を含む実用上使用できる形状を示す以下の範囲において、 F_p の増減は5%以内となる。

$$-1.22 \leq \varepsilon \leq 0.55 \cdots (14)$$

従って、実用上使用できるリフレクタの形状に対する投影レンズの開放Fナンバー F_p の最適値は、式(12)に示した値として差し支えない。

【0069】実際に投影レンズを設計する場合、投影レンズの開放Fナンバー F_p の値は、上述の最適値に対して10%の許容値をもってよく、以下の式(A)で表される範囲であれば、十分投影レンズの設計を容易にしつつ、発光部から放射される光束を効率よく利用することができる。

【0070】

【数14】

$$\frac{1.8}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \leq F_p \leq \frac{2.2}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \cdots \cdots (A)$$

【0071】図8は、投影レンズの開放Fナンバー F_p を縦軸に、液晶パネルと発光部の光軸長さの比 P/d を横軸として、発光部に第1リフレクタ102しかない場合と、第1リフレクタ102とともに第2リフレクタ103を配置した場合を比較したグラフである。

【0072】図8のグラフにおいて、太実線は第1実施形態のように第1リフレクタ102の光束の取り込み角を0~90°とし、第2リフレクタ103の光束の取り込み角を第1リフレクタ102の取り込み角に換算して90°~135°としたときの式(9)の値を示し、その上下は、式(14)で規定する範囲を示す。また、太点線は上記構成において第1リフレクタ102の光束の取り込み角を0~90°として、第2リフレクタ103を設けなかった場合の F_p と P/d の値の関係を示している。

【0073】グラフからも分かるように、第2リフレクタ103を用いた方が、当然、大きなFナンバーの投影レンズを用いることができ、低コストの投影レンズを用いることが可能である。

【0074】【第2実施形態】次に、図3を用いて第2実施形態について説明する。図3は、第2実施形態の投影光学装置の構成を示す模式図である。図3において、第3実施形態の液晶プロジェクタ装置は、概略、発光部301、第1リフレクタ302、第2リフレクタ303、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ304

及び第2レンズアレイ305、液晶パネル306R、306G、306B、投影レンズ307、IR-UVカットフィルタ308、ダイクロイックミラー309及び310、反射ミラー311~313、リフレンズ314及び315、フィールドレンズ316R、316G、316B、ダイクロイックプリズム317、後述する偏光分離面318aと全反射面318bを有する偏光ビームスプリッタ318等から構成されている。

【0075】発光部301、第1リフレクタ302、第2リフレクタ303、IR-UVカットフィルタ308、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ304の構成は、前述の第1実施形態と同一であるので、説明を省略する。

【0076】偏光ビームスプリッタ318は、三角形状の偏光変換光学系の分離部であり、第1レンズアレイ304により分割された複数の光束のそれぞれを、互いに偏光方向が直交する第1の直線偏光成分の光束319と第2の直線偏光成分320とに分離する。偏光ビームスプリッタ318が有する直角プリズムの斜面である後面には、偏光分離面318aが形成されており、第1レンズアレイ304から射出された光束のうち、第1の直線偏光成分は偏光分離面318aで45°の入射角に対して直角に反射し、光束319として偏光ビームスプリッタ318から射出される。一方、偏光分離面318aから厚み318cの間隔を隔ててて全反射面318bが対向するように形成されており、第1レンズアレイ304から入射する光束のうち第1の直線偏光成分に対して直交する第2の直線偏光成分は、全反射面318cで45°の入射角に対して直角に反射し、光束320として偏光ビームスプリッタ318から射出される。厚み318cの寸法は、光束319と光束320が射出されるピッチ(厚み318cの約1.414倍)と、第2レンズアレイ305を構成する個々のレンズのピッチに基いて設定される。

【0077】オプティカルインテグレータを構成する第2レンズアレイ305は、2次元状に配列された複数の正レンズから構成されており、偏光ビームスプリッタ318により分離された複数の光束319、320が、第1レンズアレイ304により収束される近傍に配置されている。すなわち、発光部301と第2レンズアレイ305とは、第1レンズアレイ304に関して光学的に共役関係にある。また、第2レンズアレイ305を構成する正レンズは開口形状が全て等しく、偏光ビームスプリッタ318により分離された複数の光束319、320の数、すなわち、第1レンズアレイ304を構成するレンズの数の2倍の個数のレンズを有しており、図3の左右方向に隣接する各2個のレンズで、第1レンズアレイ304の各1個のレンズに対応する。第1レンズアレイ304と液晶パネル306R、306G、306Bとは、第2レンズアレイ305に関して光学的に共役関係になるようにそれぞれ配置されている。さらに、第2レンズアレイ305を構成する個々のレンズのうち、第2の直線偏光成分320が入射する面には、半波長板305aが備えられており、第2の直線偏光成分320の偏光方向を90°回転さ

せ、偏光方向を第1の直線偏光成分の偏光方向と同一の方向に変換する。なお、この偏光ビームスプリッタ318と、半波長板305aで偏光変換光学系を構成している。

【0078】ダイクロイックミラー309及び310、フィールドレンズ316R、316G、316B、液晶パネル306R、306G、306B、ダイクロイックプリズム317、投影レンズ307、リレーレンズ315、314等の構成は、第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0079】次に、以上の構成を有する第2実施形態の液晶プロジェクタ装置の作用について説明する。発光部301より放射された光束のうち、第1リフレクタ側に反射された光束は、第1リフレクタ302の放物面形状を有する反射面に直接到達し、反射されてIR-UVカットフィルタ308に到達する。このとき、発光部301が、第1リフレクタ302の放物面の焦点位置に配置されているため、発光部301から直接第1リフレクタ302に到達した光束は、略平行光束となって第1リフレクタ302から射出される。

【0080】一方、発光部301より放射された光束のうち、第2リフレクタ303に直接到達した光束は、第2リフレクタ303の球面形状を有する反射面で反射され再び発光部301方向へ折り返された後、第1リフレクタ302の反射面に到達し、前述の第1リフレクタ302に直接到達した光束と同様に、放物面形状を有する反射面で反射されて、IR-UVカットフィルタ308に到達する。このとき、発光部301が第2リフレクタ303の球面の中心位置に形成されているため、第2リフレクタ303の反射面で反射された光束は、再び発光部301に戻ることになる。従って、第2リフレクタ303で反射された光束も、第1リフレクタ302の放物面形状を有する反射面で反射されて、略平行光束となって第1リフレクタ302から射出される。

【0081】なお、このとき、発光部が放射する光束はランダム偏光であり、すべての偏光成分を含んでいる。従って、第1リフレクタ302及び第2リフレクタ303により反射され、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ304に入射する光束は、すべての偏光成分を含んでいることになる。

【0082】IR-UVカットフィルタ308に到達した光束は、このフィルタでレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の3原色の光に対して不要となる波長域をカットされ、第1レンズアレイ304に入射する。第1レンズアレイ304は、入射した光束をレンズアレイを構成する正レンズの数だけ分割する。

【0083】第1レンズアレイ304のレンズの数だけ分割された光束は、偏光ビームスプリッタ318に入射する。偏光ビームスプリッタ318では、入射した光束のうち、第1の直線偏光成分を偏光分離面で反射され、光束

319として偏光ビームスプリッタ318から射出される。一方、第1の直線偏光成分に対して直交する第2の直線偏光成分は、全反射面で反射され光束320として偏光ビームスプリッタ318から射出される。従って、光束319と光束320とは、偏光分離面318bと全反射面318cの間隔に起因する横ずれ量321の分だけ離れて、第2レンズアレイ305に到達する。また、前述のように、発光部301と第2レンズアレイ305とは、光学的に共役関係に配置されているので、光束319と光束320とは第2レンズアレイ305の近傍で結像させられる。

【0084】さらに、第2レンズアレイ305の入射面の光束320に対応する位置には、半波長板305aが設けられている。半波長板305aに入射した光束320の直線偏光の偏光方向は90°回転するため、結果的に偏光分離面318aで反射した光束319の偏光方向とそろえられて、第2レンズアレイ305に入射することになる。このように、すべての光束の偏光成分をそろえることにより、反射面等での光束の挙動を光束319と光束320で一致させることができ、均一な照明を行う上で好ましい。なお、半波長板305aは第2実施形態のように光束320側ではなく、光束319に対応する位置に形成しても、光束319の偏光が90°回転するため、すべての偏光方向をそろえることができる。しかしながら、第2実施形態のように光束320に対応する位置に形成した方が、光束319と光束320の光路差を補正するというさらなる効果を得ることができるため好ましい。

【0085】以上の結果、第2レンズアレイ305近傍に、第1レンズアレイ304で光束を分割した数の2倍の個数の偏光方向のそろった2次光源が形成されることになる。このとき、前述のように第1レンズアレイ304と液晶パネル306R、306G、306Bとは、光学的に共役関係に配置されているので、第2レンズアレイ305近傍に形成された2次光源から射出された光束は、液晶パネル306R、306G、306B上に重畠されることになる。このため、均一な光量分布で液晶パネル306R、306G、306Bの面を照明することができる。第2レンズアレイ305から射出した後、投影レンズ307に取り込まれるまでの光束の挙動は、前述の第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0086】次に、第2実施形態の場合の投影レンズの開放FナンバーFpの最適値を説明する。第2実施形態の場合においても、概略の議論は第1実施形態に対して図2を用いて行った議論と同様である。従って、以下に結果のみを示す。

【0087】第2実施形態の場合、第1実施形態に対する式(12)に相当する式としては、以下の形式となる。

【0088】

【数15】

$$F_p = \frac{P}{d} \cdot \frac{(2-\varepsilon) \cdot \cos \theta + 2\sqrt{1-\varepsilon}}{\sin \theta \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 3\varepsilon^2}} \cdot \left(\frac{3\varepsilon^2}{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 1} + 1 \right) \cdots \cdots (15)$$

【0089】ただし、使用されているパラメータは式(12)の場合と同様である。この場合、第1実施形態に対する式(12)と相違しているのは、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ303と第2レンズアレイ304の個々のレンズの個数が異なっているためと、第1レンズアレイ304をさらに一般化して、レンズアレイ自身にベース曲率がある場合について求めているため*10

$$F_p = \frac{P}{d} \cdot \frac{2\sqrt{1-\varepsilon}}{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 3\varepsilon^2}} \cdot \left(\frac{3\varepsilon^2}{(2-\varepsilon+4\sqrt{1-\varepsilon})^2 + 1} + 1 \right) \cdots \cdots (16)$$

【0092】ただし、Pは液晶パネルの長さのうち、長辺で考える。

【0093】第1実施形態の場合と同様に、上記式(16)を ε の関数と考えて、この増減を調べると、放物面形状を含む実用上使用できる形状を示す以下の範囲において、 F_p の増減は5%以内となる。

$$-11.03 \leq \varepsilon \leq 0.91 \cdots (17)$$

従って、実用上使用できるリフレクタの形状に対する投影レンズの開放Fナンバー F_p の最適値は、式(17)に示した値として差し支えない実際に投影レンズを設計する場合、投影レンズの開放Fナンバー F_p の値は、上述の最適値に対して10%の許容値をもってよく、以下の式(B)で表される範囲であれば、十分投影レンズの設計を容易にしつつ、発光部から放射される光束を効率よく利用することができる。

【0094】

【数17】

$$\frac{0.9}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \leq F_p \leq \frac{1.1}{3\sqrt{3}} \cdot \frac{P}{d} \cdots \cdots (B)$$

【0095】【他の実施形態】次に、投影光学装置の要部を示した図面を参照しながら、第1及び第2実施形態の変形例を説明する。なお、各図において、図1及び図3と同じ符号を付した部材は、それぞれ同一の構成を示すものとする。

【0096】図4は、第1実施形態の変形実施形態を表す要部構成図で、第1リフレクタ402の形状が発光部101を一方の焦点とする回転楕円面である以外は、すべて第1実施形態と同一の構成を有している。

【0097】図5は、第2実施形態の変形実施形態を表す要部構成図で、図4と同様に第1リフレクタ502の形状が発光部101を一方の焦点とする回転楕円面であり、効率よく偏光変換する目的で偏光分離面に入射する光束を平行光にするため、第1レンズアレイ504に凹のベース曲率を付加している以外は、すべて第2実施形態と同一の構成を有している。

【0098】図4、5のように、第1リフレクタの形状が発光部101を一方の焦点とする回転楕円面である場

* ある。

【0090】上記式(15)においても、第1リフレクタ302の光束の取り込み角の半値を $\theta = 90^\circ$ とすると、投影レンズ F_p の最適値は以下の式(16)の通りとなる。

【0091】

【数16】

合、第1リフレクタから射出される光束は収束光となるので、第1リフレクタを構成するレンズの曲率を小さくすることができ、液晶パネル等に等に対する発光部構成の位置合わせ精度が多少悪くても、照明光を液晶パネル上の所定の位置に導くことができ、装置の組み立て性を向上させることができる。また、オプティカルインテグレータを小型化する上でもメリットがある。

【0099】図6は、第1実施形態の別の変形実施形態を表す要部構成図で、第1リフレクタ402の形状が発光部101を焦点とする双曲面である以外は、すべて第1実施形態と同一の構成を有している。

【0100】図7は、第2実施形態の別の変形実施形態を表す要部構成図で、図6と同様に第1リフレクタ502の形状が発光部101を焦点とする双曲面であり、効率よく偏光変換する目的で偏光分離面に入射する光束を平行光にするため、第1レンズアレイ504に凸のベース曲率を付加している以外は、すべて第2実施形態と同一の構成を有している。

【0101】図6、7のように、第1リフレクタの形状が発光部101を焦点とする双曲面である場合、第1リフレクタから射出される光束は発散光となるので、第1リフレクタにおける有効反射面を小さくすることができ、発光部を含めた照明装置の光源部の構成を小型化するメリットがある。

【0102】なお、本発明は以上説明した各実施形態の構成に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で、適宜変更可能である。例えば、発光部としてはメタルハライドランプだけでなく、キセノンランプやハロゲンランプ等さまざまなランプであってよく、特に限定されるものではない。また、画像を投影するライトバルブとしての透過型の液晶パネルについても、DMD素子等の画像表示素子を使用してよい。

【0103】

【実施例】

【第1実施例】第1実施形態の投影光学装置を具体化した第1実施例について、具体的な数値を表す。第1実施例の投影光学装置では、発光部101の光軸方向長さ $d : 3m$

のメタルハライドランプを使用し、前述のように第1リフレクタ102による光束の取り込み角の半値を $0^\circ \sim 90^\circ$ 、第2リフレクタ103による光束の取り込み角の半値を $90^\circ \sim 135^\circ$ 、オプティカルインテグレータに射出される開口の大きさを $\phi 50\text{mm}$ とした。また、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ103と第2レンズアレイ104及び105を構成する個々のレンズの大きさW1(W2)を $10.9\text{mm} \times 14.5\text{mm}$ 、液晶パネルの大きさを $21\text{mm} \times 28\text{mm}$ (すなわち、P: 21mm)、2次光源像の最大の大きさを 10.9mm としている。以上の構成により液晶パネル106R、106G、106Bの表面を均一に照明することができた。

【0104】この投影光学装置に使用される投影レンズの最適な開放FナンバーFpは、2.7であり、十分に大きな開放Fナンバーの投影レンズを用いることができる。

【0105】【第2実施形態】第2実施形態の投影光学装置を具体化した第2実施例について、具体的な数値を表す。第2実施例の投影光学装置では、発光部301の光軸方向長さd: 3mmのメタルハライドランプを使用し、前述のように第1リフレクタ302による光束の取り込み角の半値を $0^\circ \sim 90^\circ$ 、第2リフレクタ303による光束の取り込み角の半値を $90^\circ \sim 135^\circ$ 、オプティカルインテグレータに射出される開口の大きさを $\phi 70\text{mm}$ とした。また、オプティカルインテグレータを構成する第1レンズアレイ303と第2レンズアレイ304の間隔mを70mm、第1レンズアレイ304を構成する個々のレンズの大きさW1を $11.7\text{mm} \times 15.6\text{mm}$ 、第2レンズアレイ305を構成する個々のレンズの大きさW2を $11.7\text{mm} \times 7.8\text{mm}$ 、液晶パネルの大きさを $21\text{mm} \times 28\text{mm}$ (すなわち、P: 28mm)、2次光源像の最大の大きさを7.8mmとしている。以上の構成により液晶パネル306R、306G、306Bの表面を均一に照明することができた。

【0106】この投影光学装置に使用される投影レンズの最適な開放FナンバーFpは、1.4であり、十分に大きな開放Fナンバーの投影レンズを用いることができる。

【0107】

* 【発明の効果】以上説明したように、本発明にかかる照明装置によれば、発光部の周囲に加工の容易な2次曲面形状の第1リフレクタと球面形状の第2リフレクタを配置するという簡単な構成によって、被照明面を効率よく均一に照明することができるとともに、照明装置の後に使用される投影レンズの開放Fナンバーが大きくすることが可能であるため、設計及び製造が容易で低コストな投影レンズを使用することができ、照明装置を使用した投影光学装置が低コストに製造される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態の投影光学装置の構成を示す模式図

【図2】第1実施形態の投影光学装置の照明原理を説明する模式図

【図3】第2実施形態の投影光学装置の構成を示す模式図

【図4】第1実施形態の投影光学装置の変形例の要部構成を示す模式図

【図5】第2実施形態の投影光学装置の変形例の要部構成を示す模式図

【図6】第1実施形態の投影光学装置の別変形例の要部構成を示す模式図

【図7】第2実施形態の投影光学装置の別変形例の要部構成を示す模式図

【図8】第1実施形態の発光部に第1リフレクタ102しかない場合と、第1リフレクタ102とともに第2リフレクタ103を配置した場合を比較したグラフ

【符号の説明】

101、301: 発光部

102、302、402、502: 第1リフレクタ

103、303: 第2リフレクタ

104、304、404、504: 第1レンズアレイ

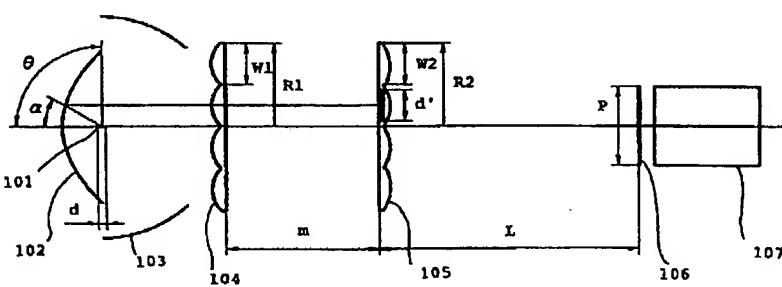
105、305: 第2レンズアレイ

106、306: 液晶パネル

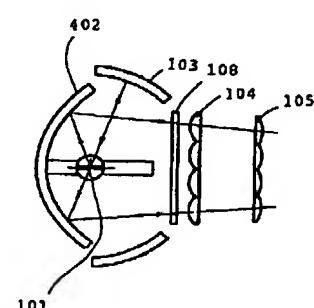
107: 投影レンズ

318: 偏光分離部

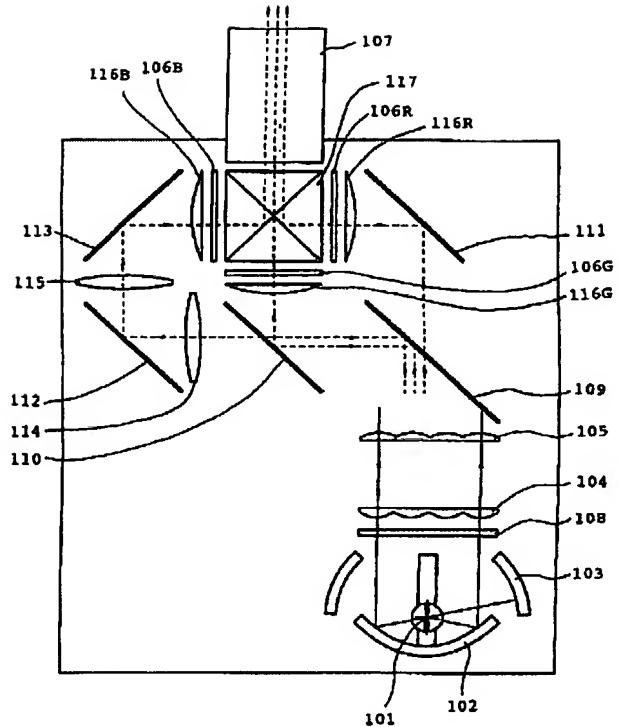
【図2】



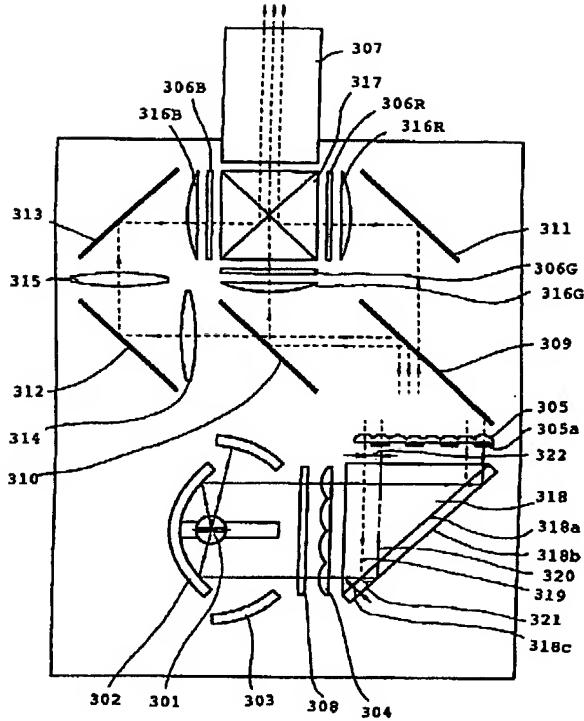
【図4】



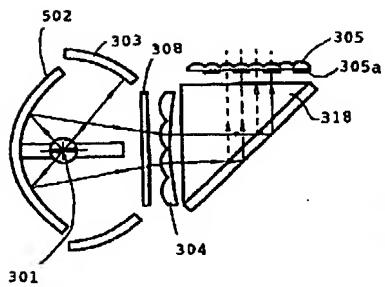
【図1】



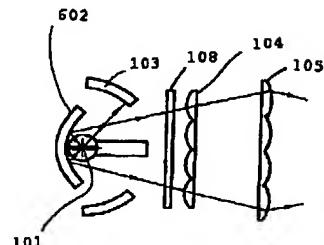
【図3】



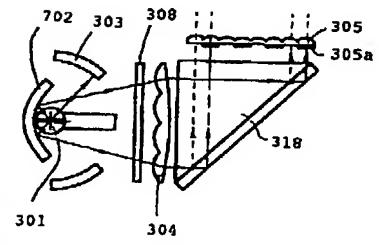
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

